# 生活区多功能供水控制系统的设计与实现

为解决某生活区的供水问题，设计了一套基于PLC的冷水恒压供水控制系统、太阳能热水恒压供水控制系统和消防供水控制系统。冷、热水恒压供水控制系统采用基于PLC和变频器的变频调速技术控制两台泵维持管网水压恒定，消防供水控制系统采用软起动器控制两台泵实现消防供水；完成了整个供水控制系统电气控制图设计、硬件设备安装和调试。供水系统在生活区中运行良好，实现了多功能可靠供水，解决了生活区供水的实际难题。

史云玲　杜文奇　苏　畅　魏喜雯/黑龙江工业学院电气与信息工程系

史云玲/博士研究生

关键词/Keywords
电气控制·
恒压供水·
消防供水·
变频调速·

## 0　引言

经济社会的发展使得人们的生活节奏日益加快，水的可靠、高效供应在生产生活中显得尤为重要[1]。由于城市基础发展薄弱，自动化水平较低，供水系统发展比较滞后，主要表现为当某一段时间用水量大时，供水量不能满足用水量，出现管网水压降低的现象。而在用水量少的时候，供水量却高于需求量，出现水压过高、供过于求的状况，这样不仅会造成能源的浪费，而且可能会出现水管爆破和用水设备损坏，给国民经济生产带来损失。因此，研究一套高效、稳定和可靠的供水系统具有现实意义[2]。本文针对西部某干旱荒芜施工生活区实际情况设计了一套由深水井供水部分、冷水恒压供水系统、太阳能热水恒压供水系统和消防供水系统组成的多功能、高效和可靠的生活区供水系统。系统以PLC为核心控制器，通过控制变频器采用变频调速技术实现恒压供水，采用软起动器控制电泵实现消防供水，采用干簧管液位控制器实现深水井供水控制，采用电接点压力表控制太阳能热水器实现液位的平衡。供水系统实现了全部自动化，无须人工值守，具有便捷、高效、稳定和人性化等特点。

## 1　生活区供水系统分析

生活区供水系统主要由三部分组成：冷水恒压供水系统、热水恒压供水系统和消防供水系统。整个系统工艺流程如图1所示，从深水井通过水泵取水，送到蓄水池，采用干簧管液位控制器控制水泵的起动和停止，从而使蓄水池中液位维持在一定的高度。

冷水恒压供水系统采用可编程序控制

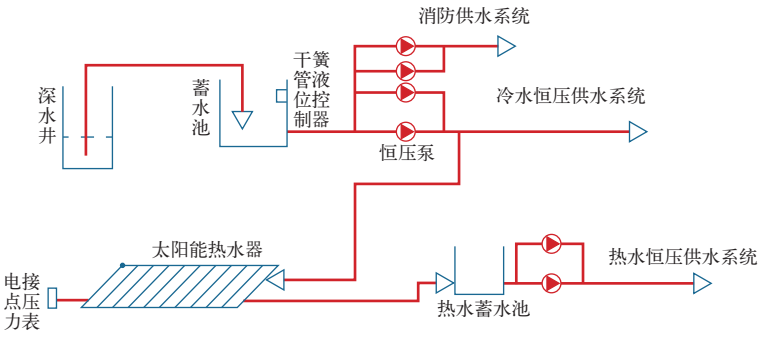


图1　施工生活区供水系统工艺图



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

器PLC控制变频器带动两台电动机实现恒压供水[3]。消防供水系统采用一台软起动器控制两台水泵实现消防供水。

热水供水系统从冷水管道取水，采用太阳能热水器提供热水，然后经热水恒压供水系统输水给用户。热水恒压供水系统与冷水恒压供水系统类似，均采用可编程序控制器PLC控制变频器带动水泵实现恒压供水。

## 2 生活区供水系统的原理分析

生活区供水系统原理如图2所示。

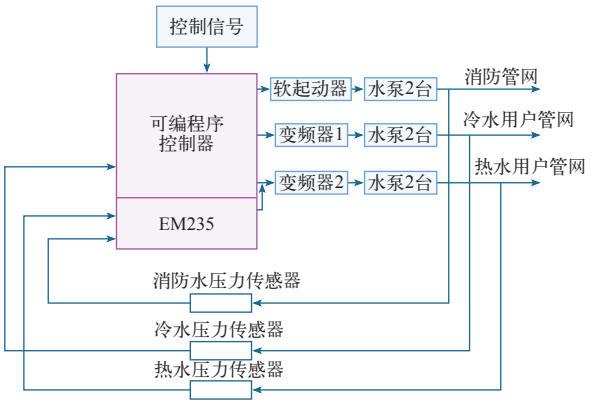


图2 生活区供水系统原理图

（1）深水井供水部分原理分析

深水井部分主要是将地下水抽取上来输送到蓄水池，蓄水池中的水作为整个生活区供水系统的水源。如图1中深水井部分所示，系统设计要求蓄水池液位需要维持在一定高度。由于每个时间段的用水量不同且不允许水泵24 h不停运转，系统采用干簧管液位计控制水泵间断起停达到供水的需求。当蓄水池水位降到下限时，干簧管液位控制器控制水泵起动，从深水井取水送到蓄水池；当水位达到上限时，干簧管液位计控制器控制水泵停止运行，从而达到液位平衡的目的。

（2）冷水恒压供水系统原理分析

冷水恒压供水系统主要由可编程序控制器PLC、变频器、压力传感器和两台水泵机组等组成。如图2中冷水恒压供水部分所示，压力传感器安装在冷水主管道上（如果主管道不长，一般安装在主管道中心点上；如果主管道较长，系统对水压的要求准确度又比较高，需要在主管道上多处安装压力传感器，取多个压力传感器采集数据的平均值进行计算）。压力传感器采集回来的压力值送入可编程序控制器PLC的模拟量输入模块EM235，与设定压力值相比较做差，然后经过PID运算，转换为模拟量输出控制变频器实现无级调速，直到水压达到设定值。当现在测得的压力值小于设定值时，设定值与反馈值做差，然后差值经过PID运算，得到的输出使水泵机组提高转速，从而增加泵的输水量，直到水压达到设定值。如果某一时间段，用户用水量减少了，主管道水压上升，经过压力传感器检测的数值大于设定值，设定值与反馈值做差，经过PID运算，输出控制变频器使水泵机组减速，减少泵的输出量，直至管路压力达到设定值。系统采用一拖二方式，当一台水泵还无法满足压力需求时，就要起动第二台水泵。这样第一台工作在工频状态，另一台工作在变频状态。当一台水泵机组就能满足供水需求时，就要把两台运行的水泵机组切换为一台，按照先开先停的原则[4]，停止第一台水泵的运行，第二台工作在变频状态。

（3）热水供水系统原理分析

热水供水系统包括太阳能热水器液位维持部分和热水恒压供水部分。太阳能热水器中液位随着用户用水不断下降，系统设计要求液位维持在一定高度。如图1中热水器部分，太阳能热水器加热后的热水输送到热水蓄水池中，热水器蓄水池的水再经过恒压供水系统实现热水恒压供水。系统要求太阳能热水器的水位维持在一定的液位，系统采用电接点压力表来实现液位维持。当太阳能热水器水位达到下限时，电接点压力表控制电磁阀打开，为太阳能热水器供水；当水位达到上限时，电接点压力表控制电磁阀关闭，从而将液位维持在一定高度，满足太阳能热水器供水需求。热水恒压供水部分与冷水恒压供水部分类似。

（4）消防供水系统原理分析

为解决生活区消防安全问题设计了消防供水系统，如图2中消防供水部分。消防供水系统主要由软起动器、压力传感器和两台水泵机组组成。



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

当发生火灾时，报警装置给可编程序控制器PLC发信号，PLC响应信号控制软起动器起动水泵，为消防管道供水。当一台水泵达到工频状态运行时，如果压力传感器采集来的压力小于设定值，经过PLC分析运算，起动第二台水泵。系统设计两台水泵满负荷运行时完全满足消防用水需求。当消防灭火结束后，手动关闭消防水泵机组。

## 3　生活区供水控制系统的设计与实现

### 3.1　深水井供水控制系统的设计与实现

根据深水井系统的设计要求，设计电气控制电路如图3所示。系统主要由电泵、干簧管液位控制器等电气设备组成。系统有自动、手动两种控制方式，正常情况下为自动运行，当出现故障、检修和调试时为手动控制运行[5]。系统采用万能转换开关实现手动、自动和停止三种控制方式。系统工作过程是：当万能转换开关在自动运行位时，按下按钮$SB_1$，$KM_3$线圈得电，并形成自锁回路。当液位达到下限时，$KM_2$线圈得电，常开触点闭合形成自锁，同时主回路接触器$KM_2$闭合，水泵运行，给水池补水。当水池中液位达到上限时，由于原来线圈$KM_2$已经得电，在此常开触点$KM_2$闭合，线圈$KM_1$得电，常闭触点$KM_1$断开，因此线圈$KM_2$常开触点断开，电动机停止运行。当水位下降到下限水位时，不断重复此过程。当需要手动时，将万能转换开关切换到手动位置，即可接通线圈$KM_2$，起动电动机开始供水，当万能转换开关切换到停止时，就可停止水泵的运行。电路图中热继电器FR用于过载保护。使用此装置可实现自动控制运行，无须人为看守。

### 3.2　冷水恒压供水系统的设计与实现

冷水恒压供水系统电气控制设计与实现电路如图4所示。系统电气控制设计主要由可编程序控制器PLC、MM420变频器、电泵、继电器和接触器等组成，系统采用一台变频器轮流交替控制两台电泵实现恒压供水，继电器$KA_{28}$控制变频器复位，继电器$KA_{24}$控制变频器起/停，继电器线圈$KA_{26}$为变频器的故障输出，变频器端子AIN＋、AIN－为变频器的变频调速的模拟量输入端。所有继电器和模拟量输入信号来自可编程序控制器PLC。系统CPU选型为西门子S7－200系列CPU224XP，数字量输入输出模块选型为EM223CN，模拟量输入输出模块

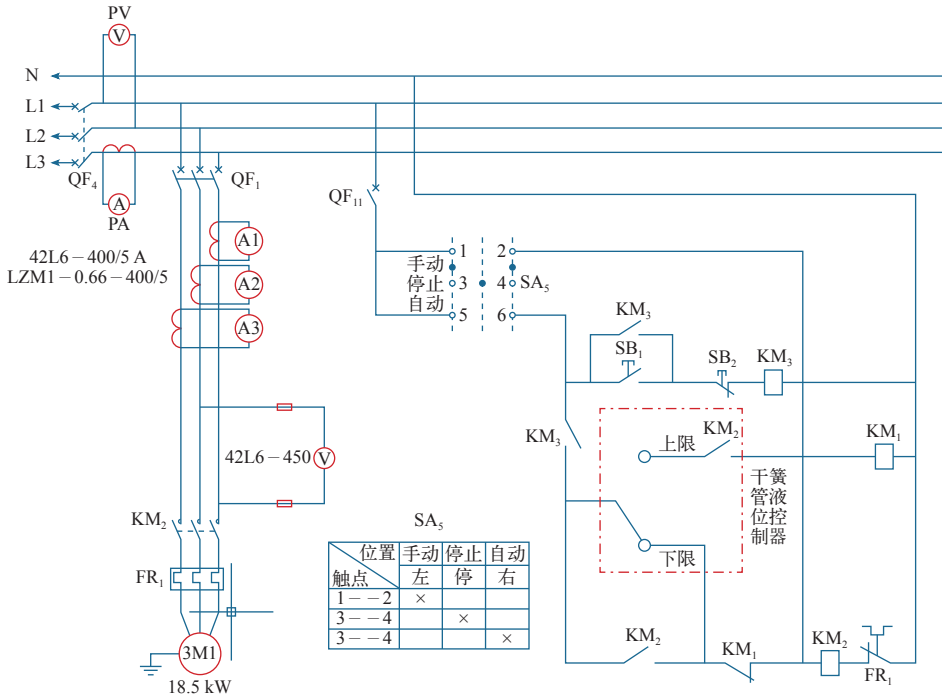


图3　深水井供水控制系统电气控制图



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

选型为EM235CN。

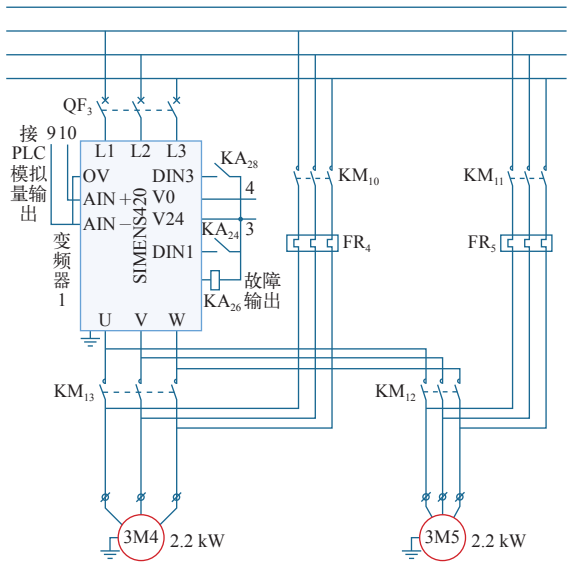


图4 冷水恒压供水电气控制图

冷水恒压供水控制系统软件采用梯形图设计。系统正常运行时，采用自动控制方式。在开始自动运行过程前，先闭合断路器$QF_3$，按下PLC万能转换开关的自动按钮，那么$KA_{24}$线圈得电，继电器$KA_{24}$闭合，同时通过PLC程序控制$KM_{13}$闭合，水泵开始运行。电动机转速开始从零逐渐上升，如果电动机转速未达到最大转速，水压已经满足供水需求，则一台水泵足以满足要求。如果第一台水泵达到工频运行时，水压仍低于设定值，则通过变频器停止输出，但电动机转速并没有降到最低，经过一定的延时，第一台水泵直接切换到工频运行，然后重新起动变频器，同时闭合$KM_{12}$，第二台水泵变频起动。系统设计两台水泵必定能满足恒压供水的需求。当用户用水量减少，系统管网压力上升，当处于变频调速运行状态的第二台水泵的转速下降到最低时，如果管网压力仍大于设定值，此时断开$KM_{10}$，让第二台水泵运行于变频状态。如果此时用户用水量增加，当第二台水泵转速达到工频运行时，管网压力仍小于设定值，则此时让第二台水泵工作在工频状态，让第一台水泵工作在变频状态，如果此时用户用水量减少，当第一台变频器的输出频率达到最小，水压仍大于设定值，那么此时让处于工频状态运行的第二台水泵停止运行，第一台水泵工作在变频状态。完成了一个工作循环[6]。

当处于调试过程或出现故障时，系统采用手动控制来实现。手动工作过程为：首先把万能转换开关切换到手动控制运行，那么此时自动控制运行的那部分程序失去控制作用，通过PLC的输入端子控制接触器$KM_{10}$、$KM_{11}$的关断实现电动机的起动/停止运行。

### 3.3 热水供水控制系统的设计与实现

太阳能热水器液位维持系统电气设计电气控制设计如图5所示，系统由电接点压力表、电磁阀和万能转换开关等电气设备组成。电接点压力表安装在太阳能热水器的最底部，通过水压判断水位的高低。当水位低时电接点压力表控制线圈闭合，控制电磁阀打开对热水器进行补水；当水位达到上限时，控制线圈断电，停止对太阳能热水器补水。系统用万能转换开关实现手动、自动和停止方式的切换。正常情况下为自动控制方式运行，当出现故障或调试时采用手动方式。热水恒压供水系统的设计与冷水恒压供水系统设计类似，这里不再赘述。

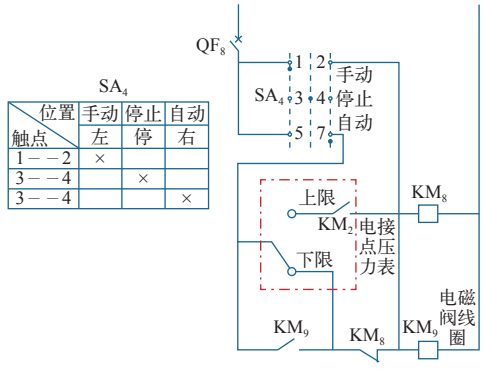


图5 太阳能水位电气控制图

### 3.4 消防供水控制系统的设计与实现

（1）消防供水系统电气控制设计与实现

消防供水系统主要由可编程序控制器PLC、软起动器和2台电泵等电气设备组成。消防供水系统电气设计如图6所示。软起动器选型为STRA系列STRO15－A3，适配电动机功率为15 kW，$KA_{20}$为PLC控制软起动器的起/停开关，$KA_{30}$为PLC控制软起动器的复位开关，$KA_{14}$为软起动器的故障输



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

出送给PLC，系统所有控制信号来自PLC。

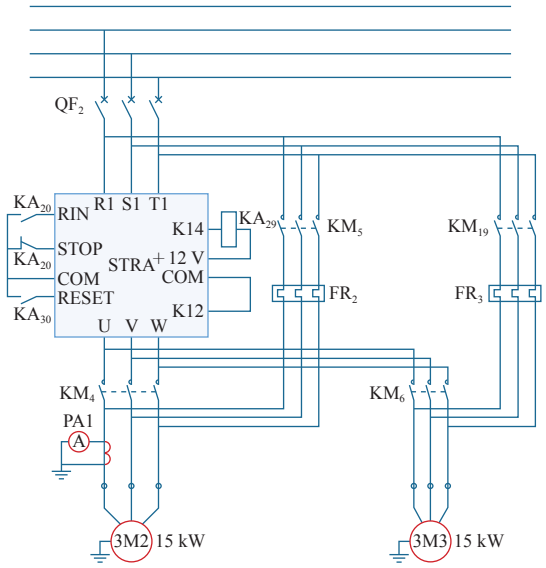


图6 消防供水系统电气设计图

（2）消防供水控制系统的设计与实现

本系统采用PLC软件梯形图进行设计，先闭合断路器$QF_2$，当发生火灾时，烟雾检测报警装置给PLC发报警信号，经过程序控制起动软起动器，$KA_{20}$闭合，程序同时控制$KM_4$闭合，经过一定的延时，当电动机达到全压起动时，旁路接触器$KM_5$接通，同时软起动器停止。压力传感器检测消防管道水压，如果一台水泵无法满足消防水压的需求，则通过软起动器起动第二台水泵，设计两台水泵供水必然能满足消防水压的需求。如果一台水泵就能满足水压的需求，那么经过PLC分析运算，不会起动第二台水泵。当消防结束时，通过手动控制实行软停止。

消防供水系统手动控制过程主要用于故障检修以及调试过程。工作过程为：把万能转换开关切换到手动位置；首先接通接触器$KM_4$，然后起动$SB_{21}$，软起动器起动，第一台消防水泵起动；当水泵电动机达到全速运行时，断开$KM_4$，接通$KM_5$。如果消防水压不能满足，则通过软起动器起动第二台消防水泵，根据设计要求两台水泵完全满足消防供水要求。

## 4 结束语

本文根据居民生活区供水要求，为解决西部某施工生活区工人的生活用水问题，设计一套生活区多功能供水控制系统。该生活区供水系统包括冷水恒压供水系统、热水恒压供水系统和消防供水系统。冷水和热水恒压供水系统采用PLC控制变频器通过变频调速技术实现变频恒压供水，消防供水采用PLC控制软起动器实现消防供水。恒压供水系统成功解决了工人上下班高峰期生活用水压力不稳定问题。消防供水系统经试验表明能最大限度地满足火灾时用水需求。整个供水系统已经成功运行一年多，并且供水系统具有全自动无须人为值守、高效、便捷、稳定和多功能等特点，极大地解决了生活区的用水问题，让人们的生活更加舒适便捷，为其他生活区供水系统设计提供了范例。

### 参考文献

[1] 田亚娟，郭丽颖．变频恒压供水PLC控制系统的设计 [J]．计算技术与自动化，2010，21 (3)：25-28．

[2] 胡盘峰，陈慧敏．基于PLC的新型变频恒压供水系统设计 [J]．机械工程与自动化，2011，31 (2)：141-143．

[3] 孙立书．基于PLC的软启动变频双恒压无塔供水系统 [J]．机电工程，2010，28 (6)：715-718．

[4] Jyotiba B Gurav，D G Regulwar．Multi objective sustainable irrigation planning with decision parameters and decision variables fuzzy in nature [J]．Water Resources Management，2012，26 (10)：3005-3021．

[5] Yongtao Wang，Hexi Zhang，Jing Yang，et al．The fuzzy irrigation control system based on PC and C8051F [C]．Advances in Hydrology and Hydraulic Engineering，2012：521-526．

[6] 魏凯，安进强，孔彦龙．基于PLC与触摸屏模糊滴灌系统设计 [J]．中国农村水利水电，2013，12 (8)：72-76．

[7] 张凤西，郑萍，吴晨，等．PLC 冗余控制在超纯水控制系统中的应用 [J]．自动化与仪表，2013，28 (11)：45-47．

（收稿日期：2016－01－08）EA



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net